

**DISPOSITIF DE DETECTION DE LA NATURE D'UN COUP ET DE  
MESURE DE SA FORCE, PROCEDE POUR SA MISE EN ŒUVRE ET  
SON APPLICATION A L'ARBITRAGE D'UN SPORT**

5

**DOMAINE DE L'INVENTION**

La présente invention consiste à mettre à disposition un système électronique de comptage des points dans la compétition de sport, et notamment de sport de combat.

10 Par exemple, en ce qui concerne le taekwondo, sport de combat qui est discipline olympique, actuellement, la seule partie qui soit électronique, concerne la partie comptage des points, effectuée par les arbitres de coin, à l'aide de manettes dont deux doivent être activées simultanément pour valider tout point.

15 Le combat de taekwondo oppose deux combattants sur une aire carrée d'environ 7 mètres sur 7 mètres. A chaque coin de cette aire, se tient un juge de coin auxquels s'ajoute un arbitre central.

Chaque combattant est revêtu d'un plastron de couleur différente ainsi que d'un casque de couleur différente ou non.

20 La règle consiste à combattre son adversaire en lui portant soit le plus de coups (de pieds ou poings) que possible, soit en le mettant KO ! Les coups de poings ne sont permis, que sur le plastron, les coups de pied sont permis sur les parties protégées par le casque et le plastron.

25 La présente invention concerne donc un dispositif de détection de la nature d'un coup et de la mesure de sa force. L'invention concerne en outre un procédé pour la mise en œuvre de ce procédé ainsi que l'application à l'arbitrage d'un sport, et plus particulièrement d'un sport de combat.

**ARRIERE-PLAN DE L'INVENTION**

30 De nombreux documents décrivent des dispositifs de mesure des coups administrés dans un sport de contact.

Par exemple, le document GB-A-2 321 003 décrit un appareil de surveillance des coups administrés dans un sport de contact comme la boxe. Le dispositif comprend des moyens palpeurs qui sont compris dans un gant pour palper la force d'un coup et qui peuvent être des moyens piézo-électriques qui enregistrent les coups et qui transforment leur pression en un signal électrique. Celui-ci passe à un transmetteur radio qui transmet un signal à des moyens récepteurs. Les moyens récepteurs fournissent un signal d'entrée à un transducteur tel qu'un ordinateur qui peut déterminer et enregistrer des paramètres du coup comme sa force. Les moyens palpeurs peuvent être situés dans un casque plutôt que dans un gant.

Le document EP-A2-0 222 640 décrit un dispositif de mesure de coup qui comporte un transducteur transformant la pression en un signal électrique de sortie. Ce transducteur est placé dans un accessoire protecteur d'une partie du corps humain. Plus particulièrement le transducteur est un transducteur piézoélectrique qui transforme la pression en signal électrique de sortie analogique.

Le document US 3 866 909 décrit un uniforme pour des combattants de karaté qui comportent une pluralité de poches montées aux positions des parties vulnérables du corps humain (plexus solaire, pomme d'Adam, estomac foie, etc.). Chaque poche contient un fluide et se rompt au-delà d'une certaine force d'un coup infligé sur la poche. La force des coups n'est pas mesurée ni enregistrée.

Le document US 5 184 831 décrit des matériaux sensibles à la pression et des appareils pour compter électroniquement les points des matches de karaté. Le matériau sensible à la pression qui comprend une première matière conductrice comme du plastique imprégné par des particules conductrices et qui comporte des doigts qui sont inclus dans des fentes et sont supportés par une matière isolante en mousse. Lorsqu'une force est portée sur le dispositif, les doigts se déplacent et

viennent toucher une feuille conductrice en regard. Un circuit électrique est alors formé et peut transmettre un signal électrique. Ce signal est transmis par un transmetteur radio avec une certaine fréquence.

5 Le document DE-A-27 41 090 concerne un dispositif pour indiquer l'état d'un match et qui comporte des transmetteurs et un récepteur. Les transmetteurs sont situés sur des gants, des masques, etc.

10 Les documents EP-A1-1 033 152 et EP-A1-1 090 661 décrivent un dispositif de mesure pour des coups et en particulier une veste de mesure pour le Taekwondo. Ce dispositif comprend un espace creux rempli de gaz et pouvant être comprimé qui présente une ouverture par laquelle le gaz s'échappe à l'extérieur lors de la compression de l'espace creux à la suite d'un coup. Le flux de gaz peut être mesuré.

15 Le document WO 90/09218 décrit un vêtement pour des sports de contact comprenant un dispositif sensible à la pression qui émet un signal quand il est frappé par un coup délivré avec une force qui est inférieure ou égale à une force de seuil. Le dispositif sensible à la pression comprend deux membranes séparées ayant des moyens de conduction électrique, ces membranes entrant en contact quand une force au moins égale à une force de seuil est portée sur le dispositif en formant ainsi un  
20 circuit électrique entre les membranes et en émettant un signal.

Le document FR-A-2 612 411 décrit un dispositif pour signaler les impacts par une transmission radioélectrique lors d'un combat de karaté. Les coups sont identifiés à l'aide de contacteurs boutons-poussoirs qui émettent une impulsion électrique.

25 Le brevet U. S. No. 5 334 831 décrit un dispositif pour détecter et quantifier les débris ferreux dans un fluide. Il s'agit d'un procédé traditionnel à base de capteurs magnétiques qui ont pour inconvénient d'être très sensibles aux perturbations. On utilise un capteur optique qui détecte les particules prises dans un champ magnétique. On utilise l'effet

Faraday. A l'aide de ce dispositif on gère la pureté des fluides utilisés dans les systèmes pneumatiques et hydrauliques industriels.

Le brevet U. S. No. 4 527 153 décrit la détection du passage d'un article équipé d'un élément. Cet élément est un élément permanent  
5 sphérique enfermé dans une capsule de forme quelconque, de façon à laisser un certain jeu (de l'ordre du diamètre de la sphère) pour que la sphère puisse se déplacer légèrement. La zone de détection (quelques  $m^3$ ) est parcourue par un champ magnétique alternatif, de façon à faire vibrer la sphère dans sa capsule. Ce mouvement génère un champ  
10 magnétique supplémentaire pouvant être détecté par un capteur de champ magnétique. Une autre méthode consiste à détecter le son produit par la vibration de la sphère dans sa capsule, à l'aide d'un microphone. Un tel dispositif a comme application un antivol dans les magasins ;

Le brevet U. S. No. 6 232 879 décrit un dispositif de détection dans  
15 une zone du passage d'un article équipé d'un élément. L'article est équipé d'un fil d'un diamètre inférieur à 100  $\mu m$ . Ce fil est dimensionné pour que, lorsqu'il est soumis à une onde électromagnétique, il entre en résonance et émette une onde électromagnétique en retour. Cette onde est de même fréquence que l'onde émise. L'amplitude de l'onde de retour  
20 est modifiée par un champ magnétique de fréquence plus basse. Le récepteur reçoit donc une onde électromagnétique modulée en amplitude. Il s'agit d'un antivol destiné aux magasins. Le système détecte la présence d'un fil de métal aux propriétés spécifiques dans une zone très importante (les ondes électromagnétiques couvrent de grandes surfaces).  
25 On utilise les propriétés de résonance électromagnétique du matériau à haute fréquence, et la possibilité de moduler l'impédance du matériau par un champ magnétique.

Dans certains des documents de la technique antérieure décrivent des dispositifs qui permettent de signaler des impacts et/ou de les  
30 mesurer. Aucun de ces dispositifs de la technique antérieure n'envisage

le problème nouveau consistant à déterminer la nature d'un coup, c'est-à-dire si le coup est porté par le pied ou par la main. Aucun des documents cités précédemment n'envisage le problème nouveau consistant à déterminer si une partie du corps humain a touché ou même approché une autre partie d'un corps humain. Ainsi, le problème de savoir si un joueur a porté un coup de pied ou de poing sur une partie du corps d'un autre joueur ou si un joueur a seulement frôlé ou touché légèrement un autre joueur n'est en aucune façon mentionné ni suggéré dans la technique antérieure. Or, ce problème peut être très important, notamment lors de l'arbitrage de différents sports comme les sports de combat ou même les sports comme le football, par exemple pour déterminer les coups francs.

#### RESUME DE L'INVENTION

L'invention concerne un Capteur solidaire d'un corps en mouvement associé à une cible éventuellement en mouvement, ledit capteur ayant pour fonction d'indiquer si le corps en mouvement effleure la cible ou la frappe. Le corps en mouvement comporte une matière très perméable au champ magnétique et la cible comporte des moyens créant un champ magnétique dans son voisinage, les propriétés magnétiques de la cible étant détectées à l'aide d'un détecteur de champs magnétiques.

La matière perméable au champ magnétique a une perméabilité initiale de 60 000 et une perméabilité maximale de 240 000, ladite matière étant choisie dans le groupe formé par des alliages ferromagnétiques à perméabilité magnétique élevée et à faible force coercitive.

La matière perméable au champ magnétique est un alliage de type Mumetal® ou Permalloy® de la société Goodfellow.

Les variations des propriétés magnétiques de la cible induites par la matière perméable aux champs magnétiques sont détectées par un détecteur de champs magnétiques constitué d'une inductance, d'un circuit oscillant, d'un redresseur et d'un comparateur.

L'invention concerne également un capteur A solidaire d'une cible ayant pour fonction d'indiquer si la cible est frappée et de donner une image électrique de l'amplitude du coup porté. Il est constitué d'une matrice d'une pluralité de condensateurs, cette matrice de condensateur pouvant être déformée partiellement sous un impact pour donner une conductance variable.

La matrice de condensateurs est formée d'une première matrice M d'une pluralité de plaques P1, P2, P3, ... Pn d'un métal conducteur reliées entre elles et d'une seconde matrice M' d'une pluralité de plaques P'1, P'2, P'3, ... P'n d'un métal conducteur reliées entre elles, lesdites plaques P1, P2, P3, ... Pn faisant face auxdites plaques P'1, P'2, P'3, ... P'n et étant séparées de celles-ci d'une distance variable pour former des condensateurs dont la distance entre les plaques peut varier sous l'action d'un impact.

Selon l'invention, un dispositif de détection de la présence d'un impact par un corps en mouvement sur une cible et de mesure de sa force comprend un capteur A constitué d'un condensateur variable et un capteur B constitué d'une inductance variable.

L'invention concerne en outre un procédé de détection de la nature d'un coup sur une cible, et de la mesure de sa force, tel qu'on détecte la présence d'un corps en mouvement au voisinage ou sur la cible en créant un champ magnétique sur la cible et en faisant varier celui-ci à l'aide du corps en mouvement pour ainsi obtenir une inductance variable à l'aide du dispositif selon l'invention, et en ce qu'on mesure la force du coup à l'aide dudit dispositif, d'une part l'information de la variation de la capacité étant mémorisée dans un registre à 16 bits et d'autre part l'information de la variation de l'inductance étant mémorisée par un bit dans une bascule à niveau bas si le corps mobile est présent et à un niveau haut si le corps mobile est absent.

Les données concernant l'information de la variation de capacité et l'information de la variation de l'inductance sont transmises sous forme de signaux par onde radio à un récepteur qui est relié à un ordinateur.

On applique le dispositif selon l'invention à l'arbitrage de sports de combat et plus particulièrement du taekwondo.

#### **DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION PREFERE DE L'INVENTION**

La description suivante sera faite en regard du sport de combat taekwondo, mais il sera évident pour l'homme du métier que la présente invention n'est pas limitée à ce mode de réalisation et peut être appliquée à d'autres sports ou dans des domaines différents de celui du sport.

L'invention sera expliquée plus en détail en regard des dessins annexés, dans lesquels:

La figure 1 est une vue en perspective des armatures intégrées à une feuille de mousse constituant le capteur A selon l'invention ;

La figure 2 est une vue en perspective des feuilles de mousse se faisant face du capteur A de la figure 1 ;

La figure 3 est une vue des condensateurs formés dans le capteur A de la figure 1 ;

La figure 4 est une vue du mode de liaison des condensateurs de la figure 3 ;

La figure 5 représente l'action de la déformation des condensateurs du capteur A ;

La figure 6 est une vue schématique de l'oscillateur détecteur de variations d'amplitude du capteur B ;

La figure 7 est un diagramme de la chaîne d'acquisition de la variation de la capacité ;

La figure 8 représente l'interface du convertisseur charge/tension ;

La figure 9 est un diagramme de la liaison oscillateur avec la sortie du comparateur ;

La figure 10 est un diagramme d'une cellule de Gilbert utilisée pour le multiplieur ;

La figure 11 est un diagramme représentant la préparation des données ;

5 La figure 12 est un diagramme représentant l'émission des données ;

La figure 13 est un diagramme représentant le cryptage des données ;

10 La figure 14 est un diagramme représentant la réception des données ; et

La figure 15 est un diagramme représentant la liaison du récepteur de données avec un ordinateur.

Sur les figures les références suivantes indiquent ce qui suit :

1. Circuit oscillant
- 15 2. Cible
3. Inductance
4. Comparateur
5. Corps en mouvement
6. Redresseur
- 20 7. Capteur à capacité variable
8. Conditionneur, convertisseur charge/tension
9. Amplificateur d'instrumentation (Low Noise Amp.)
10. Filtre "antialiasing"
11. Echantillonneur/bloqueur puis CAN
- 25 12. Oscillateur
13. Emetteur
14. Cryptage
15. Codage de source
16. Codage de canal



17, 18. Dispositif avec antenne

19. Amplification et filtrage

20. Décodage

21. Affichage

5

### 1. Capteurs

Il s'agit de mettre en place deux capteurs. Le capteur A doit rendre compte à la fois s'il y a eu un coup porté sur le plastron ou pas et de donner une image électrique de l'amplitude de ce coup porté. Quant à l'autre capteur, le capteur B, doit dire si le poing de l'adversaire a approché suffisamment près le plastron. La corrélation des deux pourra donc permettre de distinguer les coups de poing des coups de pied. C'est-à-dire que si l'on détecte uniquement un coup mais pas de coup de poing alors il s'agira d'un coup de pied et si l'on détecte uniquement un poing alors il s'agira d'un coup de pied et si l'on détecte uniquement un poing qui approche alors il n'y aura pas eu de coup porté.

15

#### Capteur A

L'idée est d'intégrer des petites plaques P1, P2, P3, ...Pn, et P'1, P'2, P'3, ...P'n, d'un métal conducteur reliées entre elles à l'intérieur du plastron, les petites plaques métalliques se faisant face. Elles formeront ainsi une matrice M de condensateurs. Il faut donc considérer au moins deux couches de mousse internes au plastron plus ou moins épaisses que l'on appellera des feuilles. Les deux feuilles F1, F2 de mousse accueillant les armatures de métal, elles doivent avoir un design particulier. Le métal conducteur doit se situer à l'intérieur de rainures dessinées dans la mousse (figure 1).

20

25

Les deux feuilles de mousse se faisant face, sont séparées par une feuille plus fine non représentée, la mousse constituant le plastron devant être assez rigide pour que les coups ne la déforment pas à outrance. Les bords d'une feuille ainsi dessinée seront en contact et empêcheront que les armatures ne se touchent. Pour une plus grande efficacité à ce

30

niveau, et pour former de petites alvéoles isolant chaque petit condensateur, des rainures sont disposées de manière opposée ; une feuille aura des rainures R1, R2, R3, ...Rn dans un sens (verticales) et l'autre feuille aura des rainures R'1, R'2, R'3, ...R'n perpendiculaires (horizontales). Voir la figure 2 et la figure 3.

Chacune des deux matrices d'armatures, l'une étant placée dans une feuille et l'autre étant placée dans la feuille en face, forme en réalité une armature d'un gros condensateur. A chacun des deux matrices on apporte des charges en alimentant ce système par une tension alternative.

Sur une feuille, les petites plaques de métal sont reliées comme représenté sur la figure 4.

Finalement, lorsque l'on donne un coup la structure est déformée comme représenté sur la figure 5.

La valeur du condensateur que forme tout le système en est changée. En effet, la valeur électrique d'un condensateur s'exprime par sa capacité C et cette capacité s'écrit :

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{e}$$

S est la surface des armatures

$\epsilon_0$  est la permittivité du vide

$\epsilon_r$  est la permittivité de la mousse entre les deux armatures

e est l'espace entre les deux armatures

Donc si l'espace entre les deux armatures varie, la capacité du condensateur varie aussi. Plus exactement, lorsqu'un coup sera porté sur le plastron, l'espace diminuera entre une partie de la matrice M et la partie lui faisant face de la matrice M' et donc la capacité augmentera. Le réseau de petites armatures mis en place comme on le montre précédemment forme un réseau maillé de petits condensateurs et le

condensateur total de tout le plastron est constitué de la somme de ces petits condensateurs. Et donc la capacité globale s'exprime comme suit :

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S_i}{e_i}$$

Un coup étant porté n'importe où sur le plastron, quelques petits condensateurs verront leur espace entre les armatures exprimé par  $e_i$  modifié et de ce fait la capacité globale sera elle aussi modifiée.

Un simple système de mesure électronique est mis en place pour avoir une image précise de l'amplitude de la force appliquée sur le plastron.

#### Capteur B

Il permet de rendre compte si un coup est porté, plus précisément un coup de poing.

La solution est apportée par l'électromagnétisme ou plus exactement par la technique du fluxgate. Le but est de savoir si l'un des deux poings (ou autre partie du corps) de l'adversaire a approché le plastron.

Pour cela, on intègre une fine barrette de Mumétal®, appelé aussi Permalloy® à des gantelets portés par les deux combattants. Le gantelet peut lui aussi être fin et ne pas forcément recouvrir toute la main, il n'est qu'un support à la barrette de Mumétal® qui peut, quant à elle, ne pas excéder 1 mm d'épaisseur. Cette barrette devrait être placée par exemple à la hauteur des premières phalanges.

Le Mumétal® ou le Permalloy® a pour principale caractéristique d'être très perméable au champ magnétique. Il en absorbe une partie de l'énergie et dévie ainsi les lignes de champs. On intègre donc un ou plusieurs réseaux de bobines de cuivre au plastron et on les alimente avec un courant alternatif afin de créer un champ magnétique conséquent. Ce champ magnétique présent dans le voisinage du plastron va être perturbé par le Mumétal® ou Permalloy® s'en approchant. Les

lignes de champs étant déviées, un courant différent est induit dans les bobines. Un montage électronique garantit l'alimentation en tension de ces bobines. Le changement du courant induit dans les bobines aura comme effet exploitable de modifier leur impédance. On peut donc se servir d'un circuit oscillant dont la bobine variable que représente désormais le plastron, sera une partie du filtre. Un condensateur fixe est mis en parallèle et on accorde l'ensemble de manière à ne pas perturber l'environnement.

Le Mumétal® et le Permalloy® sont des marques déposées par la société Goodfellow située au Royaume-Uni. Ce sont des alliages ferromagnétiques à perméabilité magnétique élevée et à faible force coercitive.

Par exemple, les propriétés du Mumétal® dont la composition est 77% de Ni, 14% de Fe, 5% de Cu et 4% de Mo sont les suivantes:

**Propriétés électriques**

Résistivité électrique ( $\mu\text{ohm.cm}$ )	55 – 62
---	---------

**Propriétés magnétiques**

Coercivité ( $H_c$ ) ( $\text{Am}^{-1}$ )	1,0
---	-----

Température de Curie ( $^{\circ}\text{C}$ )	380
---	-----

Perméabilité initiale	60 000
-----------------------	--------

Perméabilité maximale	240 000
-----------------------	---------

Rémanence à partir de la saturation ( $B_{\text{rem}}$ )	0,37
--	------

Induction de saturation ( $T_{\text{sat}}$ )	0,77
--	------

**Propriétés mécaniques**

Dureté – Brinell	105 – 290
------------------	-----------

Module d'élasticité (Gpa)	190 – 221
---------------------------	-----------

Résistance aux chocs ( $I_{\text{zod}}$ ) ( $\text{J.m}^{-1}$ )	42 – 100
---	----------

Résistance à la traction (MPa)	530 – 900
--------------------------------	-----------

**Propriétés physiques**

Densité ( $\text{g.cm}^{-3}$ )	8,8
--------------------------------	-----

**Propriétés thermiques**

Coefficient d'expansion à 20 – 100°C ( $\times 10^{-6} K^{-1}$ )	13,0
Conductivité thermique à RTP ( $Wm^{-1}K^{-1}$ )	30 - 35

A noter que dans le tableau ci-dessus, le chiffre le plus intéressant est bien évidemment la perméabilité dans la rubrique "propriétés magnétiques".

- Ainsi, on procède à la détection des propriétés magnétiques de la cible à l'aide d'un détecteur de champs magnétiques. Il s'agit de positionner la cible 2 à étudier près de l'inductance d'un circuit oscillant 1. Si la cible est magnétique, sa présence fait varier l'impédance de la bobine et par le fait même, les paramètres de résonance du circuit oscillant, c'est-à-dire la fréquence et l'amplitude de l'onde produite. On sélectionne par exemple un circuit oscillant 1 de type Colpitt dont on connaît la fonction de transfert. En effet, l'option retenue pour réaliser le magnétomètre consiste en un simple oscillateur réalisé à l'aide d'un inverseur, d'un condensateur et d'une résistance. Puis, on ajoute une inductance et un autre condensateur afin de pouvoir faire varier la fréquence d'oscillation et l'amplitude de l'onde produite en approchant un objet magnétique de l'inductance. L'inductance 3 sera la bobine intégrée au plastron. Ainsi, en approchant la barrette de Mumetal® 5 de l'inductance 3, son impédance varie, tout comme la fréquence et l'amplitude de l'onde produite par le circuit oscillant 1. Il est donc possible de détecter la présence de la barrette 6 de Mumetal® par la simple variation de fréquence, en utilisant une boucle en verrouillage de phase. Mais puisqu'il est beaucoup plus simple de détecter les variations d'amplitude, c'est cette option qui a été retenue. Ainsi, un comparateur 4 sert à comparer la valeur crête de l'onde provenant de l'oscillateur à une tension de référence préalablement établie. La figure 6 illustre le schéma-bloc du magnétomètre et il est à noter que le signal provenant de l'oscillateur est préalablement redressé à l'aide d'une diode et d'un

condensateur (redresseur 6) afin de faciliter la comparaison des tensions DC.

Il suffira par la suite de mémoriser la sortie du comparateur dans une bascule sous la forme d'un niveau logique.

## 5 2. Acquisition de données

Les capteurs A et B sont donc constitués respectivement d'un condensateur variable et d'une inductance variable. Ces deux informations sont mises sous la forme d'un signal numérique de 16 bits par exemple. A noter qu'un seul bit est nécessaire pour rendre compte du poing présent ou non sur le plastron.

### a. Amplitude d'un coup

L'acquisition de la variation de la capacité, qui représente l'amplitude d'un coup porté sur le plastron fait l'objet d'une chaîne d'acquisition tout ce qu'il y a de plus standard. (Voir figure 7).

15 Il faut remarquer que, dans un souci d'intégration et donc de gain de place, un cahier des charges devra être précis sur la fréquence de variation du capteur et sur le nombre de bits optimal. Il est vraisemblable que la fréquence de fonctionnement sera basse et que l'on pourra se passer d'un nombre de bits aussi important ce qui aura comme

20 conséquence probable d'éviter d'avoir à implanter un échantillonneur-bloqueur par exemple, ou de concevoir un amplificateur faible bruit trop performant et donc plus coûteux que ce qu'il n'est nécessaire. Il en va évidemment de même pour le filtre anti-repliement.

Pour l'ensemble, la solution de la micro-électronique s'impose d'elle même. Par conséquent, on préconise le choix d'un montage à capacités commutées pour les filtres et éventuellement un convertisseur  $\Sigma\Delta$  pour le Convertisseur Analogique Numérique.

### Exemple d'une solution intégrée pour l'interface :

30 Pour donner un exemple de ce qui est faisable en micro-électronique, on donne ici l'exemple de la partie qui fait interface entre le

capteur et le reste de l'électronique, à savoir le convertisseur charge/tension.

La figure 8 montre l'électronique associée au capteur. OP2 est un buffer de sortie qui permet de charger un composant extérieur. OP1 fait office de convertisseur charge/tension.

Afin de compenser l'offset du capteur et les erreurs de gain, on utilise un double élément différentiel constitué de deux capacités. L'une sert de référence et est recouverte d'un oxyde fin ( $C_{ref}$ ) et l'autre est l'élément sensible ( $C_{sensor}$ ), id est la capacité du plastron décrite précédemment.

Le circuit à capacité commutée de  $C_{sensor}$  à  $C_{ref}$  forme un amplificateur non-inverseur, tandis que celui de  $C_{ref}$  à  $C_1$  est un amplificateur inverseur. La fonction de transfert de ce montage est :

$$V_{out} = V_{refA} \left( \frac{C_{sensor}}{C_1} \right) - V_{refB} \left( \frac{C_{ref}}{C_1} \right)$$

où  $V_{refA}$  et  $V_{refB}$  peuvent être utilisés pour ajuster l'offset en sortie causé par une discordance entre  $C_{sensor}$  et  $C_{ref}$ . Le temps de réponse du circuit est donné par la constante de temps :

$$\tau = \frac{1}{f_c} \frac{C_2}{C_1}$$

où  $f_c$  est la fréquence d'horloge.

D'après la fonction de transfert,  $V_{out}$  varie linéairement en fonction de  $C_{sensor}$ . Le chronogramme en-dessous du montage montre la nécessité d'avoir des horloges non recouvrantes.

A la suite du CAN, il faudra mémoriser les données dans un registre 16 bits. Ainsi, l'information sera disponible en parallèle prête à être exploitée par l'émetteur.

#### b. Présence du poing sur le plastron

Comme dit précédemment, le but est d'avoir un bit mémorisé dans une bascule avec un niveau bas si le poing est présent et un niveau haut

sinon. L'inductance que représente le plastron varie avec la présence de la barrette de Mumétal® et donc l'amplitude du signal, ainsi que sa fréquence, variera de même. C'est ceci que l'on cherche à détecter. Il faut noter que la chaîne proposée ci-dessous peut être calibrée en faisant varier  $V_{ref}$ . C'est-à-dire que ce système peut réagir à une présence plus ou moins proche du plastron en fonction de  $V_{ref}$  qui représente donc un seuil de détection. Toutefois, pour notamment se prémunir des problèmes de bruit, on préfère multiplier la fréquence venant de l'oscillateur pour ensuite filtrer la partie intéressante (figure 9).

Le signal avant le multiplieur peut s'écrire :

$$V = A_0 \sin \omega_0 t$$

avec  $A_0$  son amplitude.

Après le multiplieur, on a le signal :

$$V^2 = A_0^2 \frac{1 - \cos 2\omega_0 t}{2} = \frac{A_0^2}{2} - \frac{A_0^2}{2} \cos 2\omega_0 t$$

C'est cette amplitude  $A_0^2/2$  que l'on veut comparer à  $V_{ref}$ . Au repos, si le Mumétal® est absent, cette amplitude devra être légèrement supérieure. On alimente le comparateur entre 0 et  $V_{cc}$  (par exemple 5V ou 3,3V), et donc au repos on aura 0 V en sortie du comparateur. Lorsque le Mumétal® fera varier l'inductance par sa présence l'amplitude  $A_0^2/2$  diminuera et ainsi, à partir d'un seuil calibré,  $V_{ref}$  deviendra supérieur et on aura  $V_{cc}$  en sortie. On mémorise cette sortie du comparateur.

#### Exemple d'une solution intégrée pour le multiplieur :

En ce qui concerne le multiplieur, on peut par exemple proposer une simple cellule de Gilbert comme le montre la figure 10. La sortie, qui est le signal venant de l'oscillateur multiplié par lui-même, est la différence entre les tensions aux bornes des deux résistances.

On peut affiner le système en équipant les deux combattants de systèmes réagissant à des seuillages différents couplés avec des barrettes de Mumétal® aux caractéristiques différentes. En effet, si le



défendant tombe par exemple à terre face en avant avec l'une de ses mains proche du plastron, la solution dans l'état actuel des choses est de détecter un coup de poing. Or, dans le paragraphe I2), nous avons récupéré un exemple de caractéristiques du Mumétal® dans lequel on peut lire qu'il est possible de fixer différentes perméabilités à cet alliage. Une étude plus approfondie montre qu'il est aisé d'utiliser cette capacité pour pallier au problème ici soulevé. Rapidement, on peut tout de même préciser que les deux systèmes électroniques peuvent travailler à différentes fréquences. Il serait même possible de distinguer chacune des quatre mains présentes sur un tatami.

### c) Préparation des données

L'information binaire relative à l'amplitude d'une force appliquée sur le plastron étant sur 16 bits et la donnée relative à la présence d'une main de l'adversaire étant sur un seul bit, on devra donc transmettre une donnée sur 17 bits.

En outre que le système exploitant les données, par exemple un logiciel sur un ordinateur devra décrypter un coup de poing s'il y a présence d'un coup sur le plastron et d'une main de l'adversaire. Il devra aussi traduire le coup de pied par un coup porté sur le plastron et l'absence, ou plus exactement la non présence, d'une main de l'adversaire. Dans un souci de n'émettre des informations que dans ces deux cas, principalement pour ne pas gaspiller l'énergie électrique relative à une émission, on élabore un signal logique destiné à l'émetteur pour lui signifier qu'il peut transmettre les données présentes dans les registres. Voir la figure 11.

## 3. Emission - Réception

### a. Emission

Le signal d'information est stocké dans un registre de 16 bits permettant de coder la puissance du coup porté au plastron. Un bit différencie un coup de poing d'un coup de pied.

Un bit supplémentaire permet de définir l'instant d'émission du signal vers le système de réception. La consommation d'un système émettant sur une antenne est importante. Il est donc nécessaire - afin de garder une certaine autonomie - de réduire au maximum le temps pendant lequel le signal est émis. Ce bit de contrôle est initialement à zéro. Il passe à un lorsque qu'un coup de poing (respectivement un coup de pied) est détecté au niveau du comparateur (respectivement au niveau du CAN) puis est remis à zéro une fois le signal transmis. Voir la figure 12.

Aux 17 bits à émettre pourront être ajoutés des bits permettant de personifier l'émetteur en vue de l'utilisation de plusieurs systèmes. Une autre solution est de se tourner vers un système Multi-Utilisateur déjà existant (ex : bluetooth). Un dispositif de cryptage pourra être ajouté avant l'émetteur en plus de la correction d'erreur. Il permettra de sécuriser la liaison radio avec le dispositif de réception. Le principe de base est de modifier la suite binaire en la multipliant par une séquence pseudo aléatoire que l'on appelle une clé.

De nombreux types de cryptages existent aujourd'hui. L'insertion d'un tel système avant émission ne pose donc pas de problème.

La suite binaire cryptée qui contient la puissance du coup et son origine (pieds ou poing) doit ensuite subir un traitement ajoutant de la redondance. Il s'agit classiquement d'un code correcteur d'erreur. En effet, lors d'une transmission radio, le signal peut être déformé par le canal de propagation que constitue l'air. Il est donc nécessaire de protéger les bits d'information par un codage ayant comme propriété principale de détecter les erreurs de transmission et de les corriger sous certaines conditions.

Si ce traitement présente des difficultés d'implémentation majeures, on peut opter pour un code en ligne classique. En effet, étant donné la rareté des coups portés relativement à la fréquence de fonctionnement du

système, l'information pourrait être émise plusieurs fois afin de parer les erreurs dues à la transmission. Voir la figure 13.

Les 16 bits sortant du registre parallèle doivent être transmis en série vers l'émetteur afin de réaliser les différents traitements de codage.

5 Un premier codage dit codage de source permet d'ajouter de la redondance au signal comme préciser ci-dessus.

Le codage canal permet d'augmenter la fréquence du signal émis. Cette fréquence est normalisée pour les communications très faible distance. On pourra notamment s'intéresser à la fréquence 433 MHz qui  
10 est utilisée pour les télécommandes infrarouge ou la fréquence 2.4 GHz qui correspond à la norme Bluetooth. Plus généralement plusieurs normes existent dans la bande 2.4 GHz. L'autre avantage de ce codage est de réduire l'occupation spectrale grâce à un filtre de mise en forme.

Le signal obtenu est ensuite transmis via l'antenne par onde radio.  
15 Une étude particulière sera peut être nécessaire pour le dimensionnement et le choix de l'antenne.

#### b. Réception

La réception se fait de façon classique. Une antenne récupère le signal envoyé par le système embarqué sur le plastron. Ce signal est  
20 ensuite amplifié et filtré afin de le remettre en forme. Un système de décodage est prévu après avoir remis le signal en bande de base. Si l'option du cryptage a été retenue, il faut réaliser un décryptage en conséquence. L'information est ensuite transmise vers un ordinateur ou un afficheur créé pour ce système. Voir la figure 14.

25 La solution la plus modulable est de relier le récepteur à un ordinateur qui convertit ensuite le signal reçu en une puissance donnée par un coup de pied ou de poing au travers d'un programme informatique. Voir la figure 15.

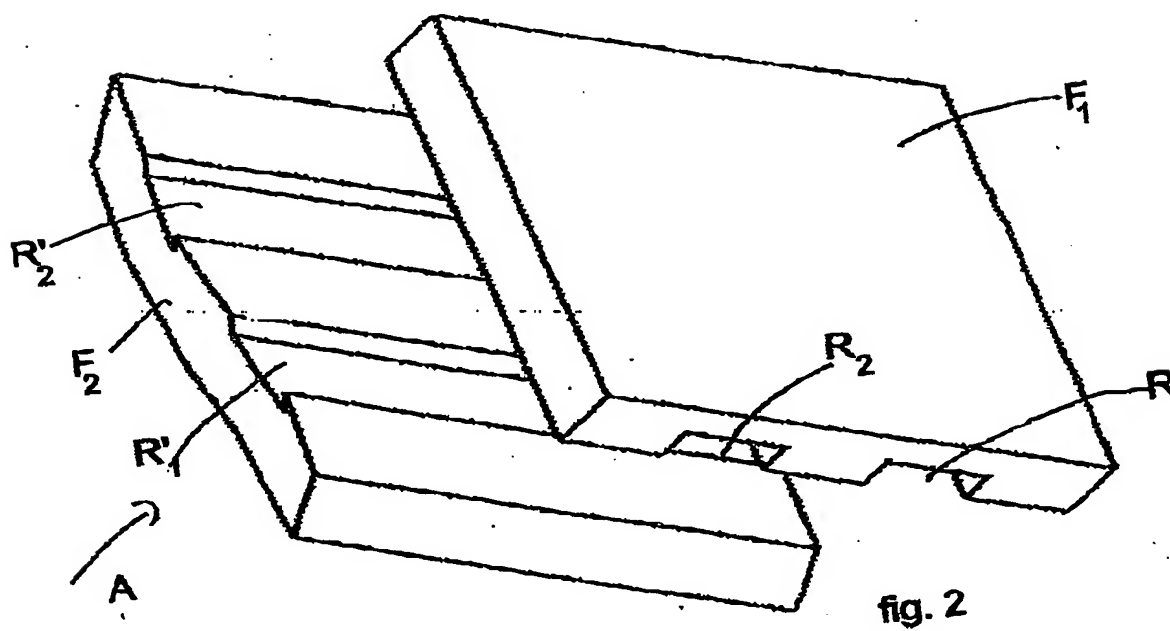
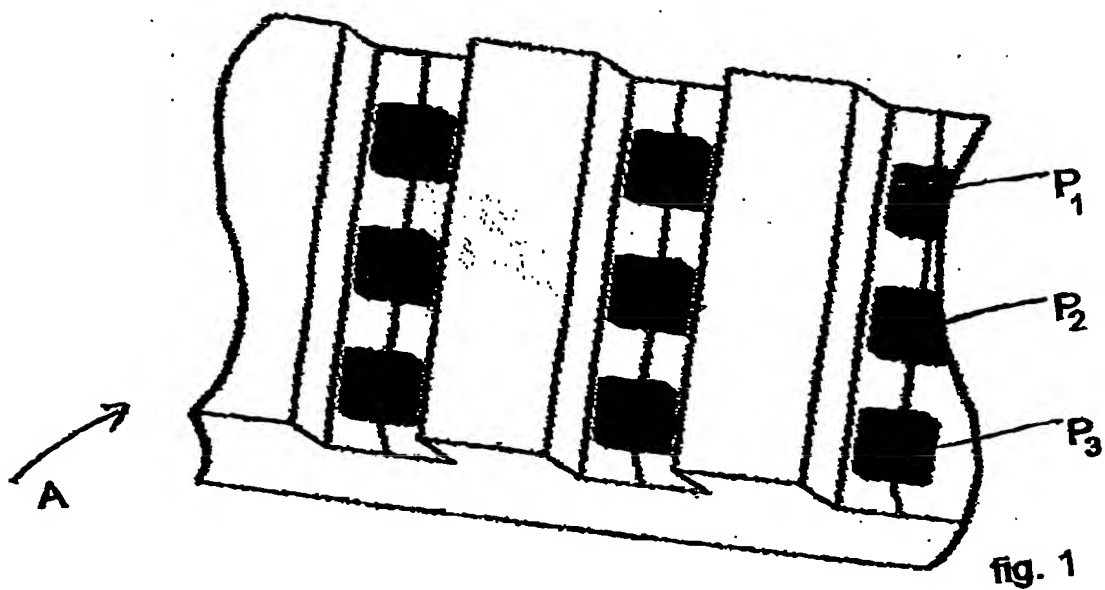
## REVENDECATIONS

1. Dispositif de détection de la présence d'un impact par un corps en mouvement sur une cible et de mesure de sa force, caractérisé en ce qu'il comprend un capteur A solidaire d'une cible ayant pour fonction d'indiquer si la cible est frappée et de donner une image électrique de l'amplitude du coup porté, constitué d'un condensateur variable, et un capteur B solidaire d'un corps en mouvement (5) associé à une cible (2) éventuellement en mouvement, ledit capteur B ayant pour fonction d'indiquer si le corps en mouvement (5) affleure la cible (2) ou la frappe, constitué d'une inductance variable.
2. Capteur B d'un dispositif de détection selon la revendication 1, caractérisé en ce que le corps en mouvement (5) comporte une matière très perméable au champ magnétique et en ce que la cible (2) comporte des moyens créant un champ magnétique dans son voisinage, les propriétés magnétiques de la cible (2) étant détectées à l'aide d'un détecteur de champs magnétiques.
3. Capteur B selon la revendication 2, caractérisé en ce que la matière perméable au champ magnétique a une perméabilité initiale de 60 000 et une perméabilité maximale de 240 000, ladite matière étant choisie dans le groupe formé par des alliages ferromagnétiques à perméabilité magnétique élevée et à faible force coercive.
4. Capteur B selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que la matière perméable au champ magnétique est un alliage de type Mumetal® ou Permalloy® de la société Goodfellow.

5. Capteur B selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce la variation des propriétés magnétiques de la cible (2) induites par la matière perméable aux champs magnétiques sont détectées par un détecteur de champs magnétiques constitué d'une inductance (3), d'un circuit oscillant (1), d'un redresseur (6) et d'un comparateur (4).
6. Capteur A d'un dispositif de détection selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est constitué d'une matrice d'une pluralité de condensateurs, cette matrice de condensateur pouvant être déformée partiellement sous un impact pour donner une conductance variable.
7. Capteur A selon la revendication 6, caractérisé en ce que la matrice de condensateurs est formée d'une première matrice M d'une pluralité de plaques P1, P2, P3, ... Pn d'un métal conducteur reliées entre elles et d'une seconde matrice M' d'une pluralité de plaques P'1, P'2, P'3, ... P'n d'un métal conducteur reliées entre elles, lesdites plaques P1, P2, P3, ... Pn faisant face auxdites plaques P'1, P'2, P'3, ... P'n et étant séparées de celles-ci d'une distance variable pour former des condensateurs dont la distance entre les plaques peut varier sous l'action d'un impact.
8. Procédé de détection de la nature d'un coup sur une cible, et de la mesure de sa force, caractérisé en ce qu'on détecte la présence d'un corps en mouvement au voisinage ou sur la cible en créant un champ magnétique sur la cible et en faisant varier celui-ci à l'aide du corps en mouvement pour ainsi obtenir une inductance variable à l'aide du dispositif selon la revendication 1, et en ce qu'on mesure la force du coup à l'aide dudit dispositif, d'une part l'information de la variation de la capacité étant mémorisée dans un registre à 16 bits et d'autre part l'information de la variation de l'inductance étant mémorisée par un bit

dans une bascule à niveau bas si le corps mobile est présent et à un niveau haut si le corps mobile est absent.

- 5 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que les données concernant l'information de la variation de capacité et l'information de la variation de l'inductance sont transmises sous forme de signaux par onde radio à un récepteur qui est relié à un ordinateur.
- 10 10. Application du dispositif selon la revendication 1 pour l'arbitrage de sports de combat et plus particulièrement du taekwondo.



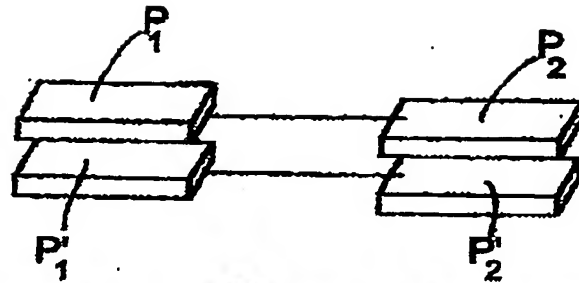


fig. 3

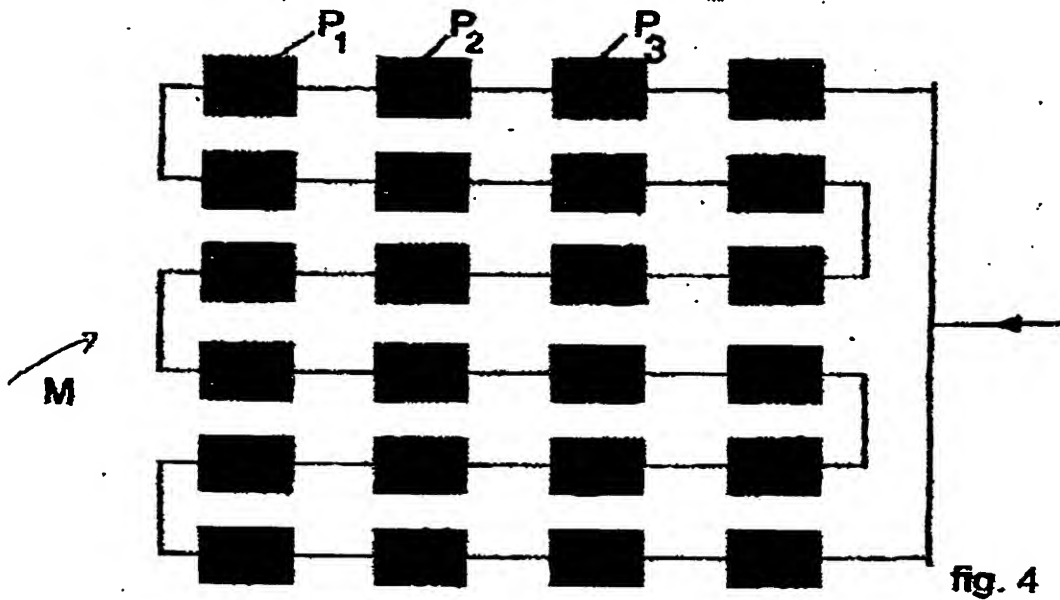


fig. 4

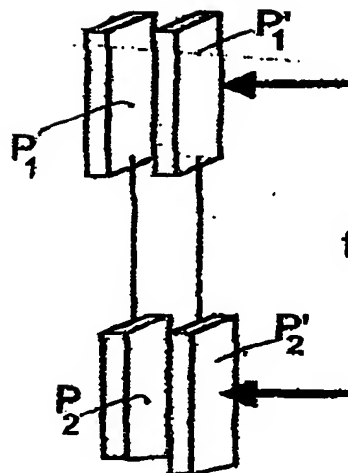
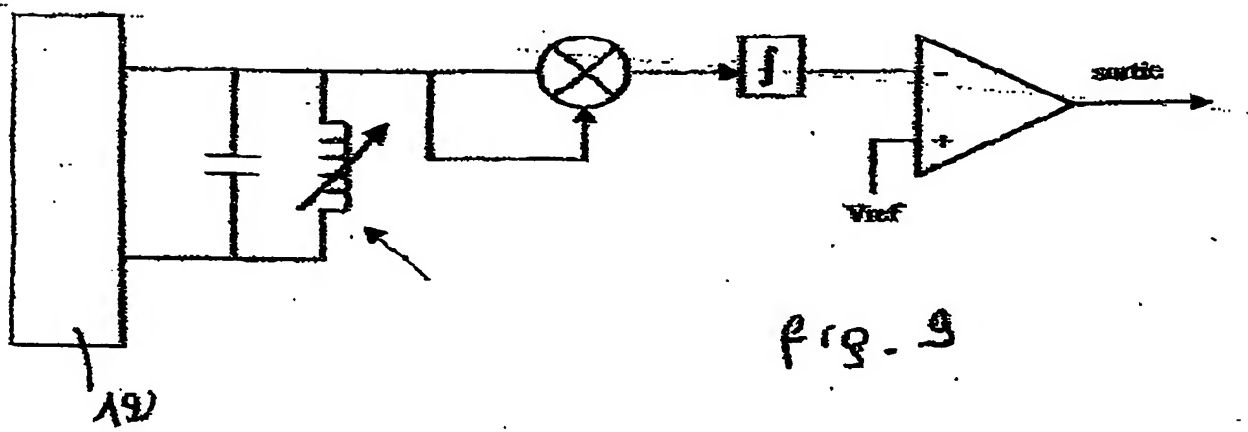
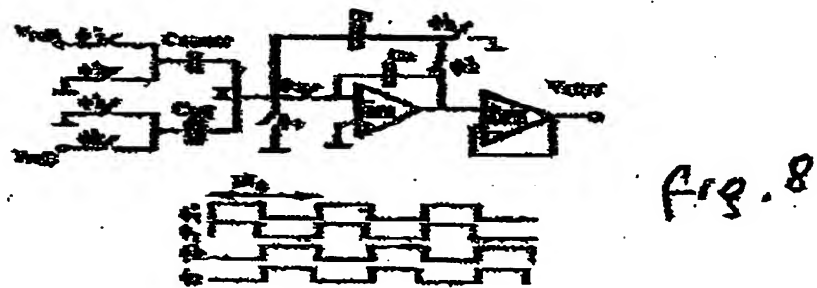
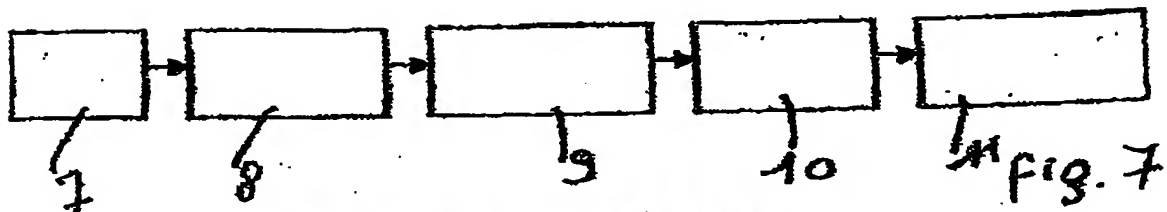
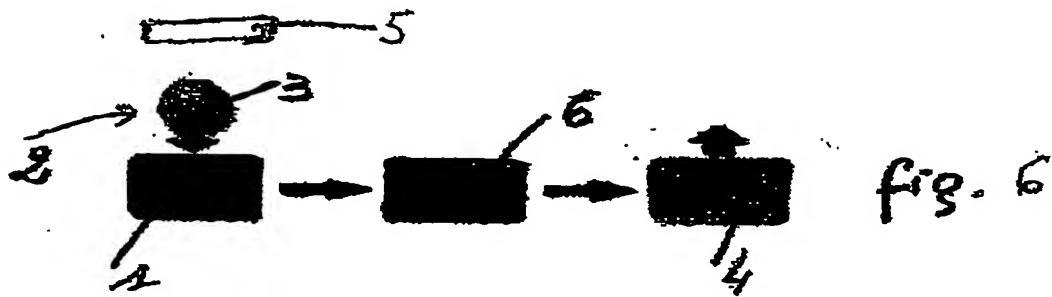


fig. 5





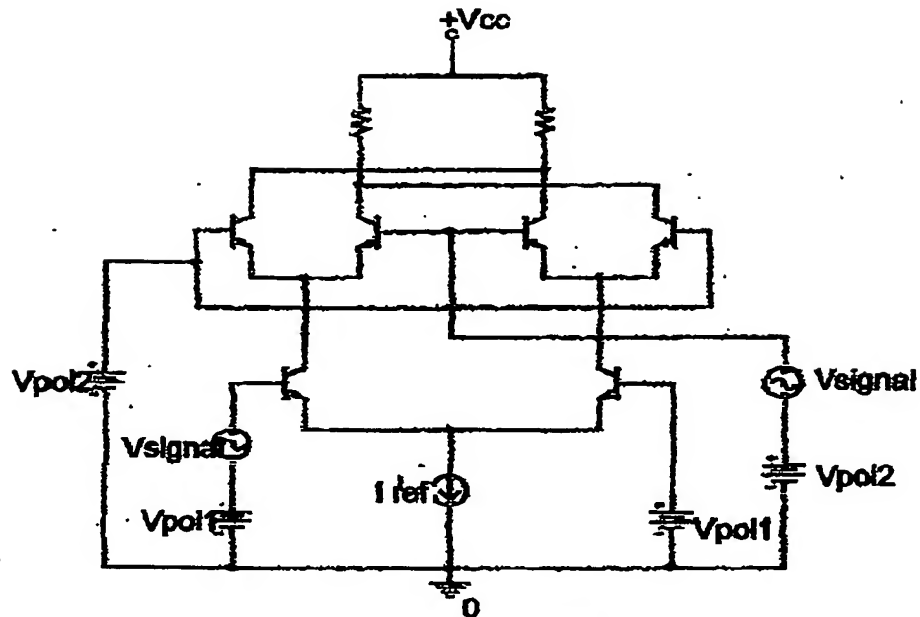


fig. 10

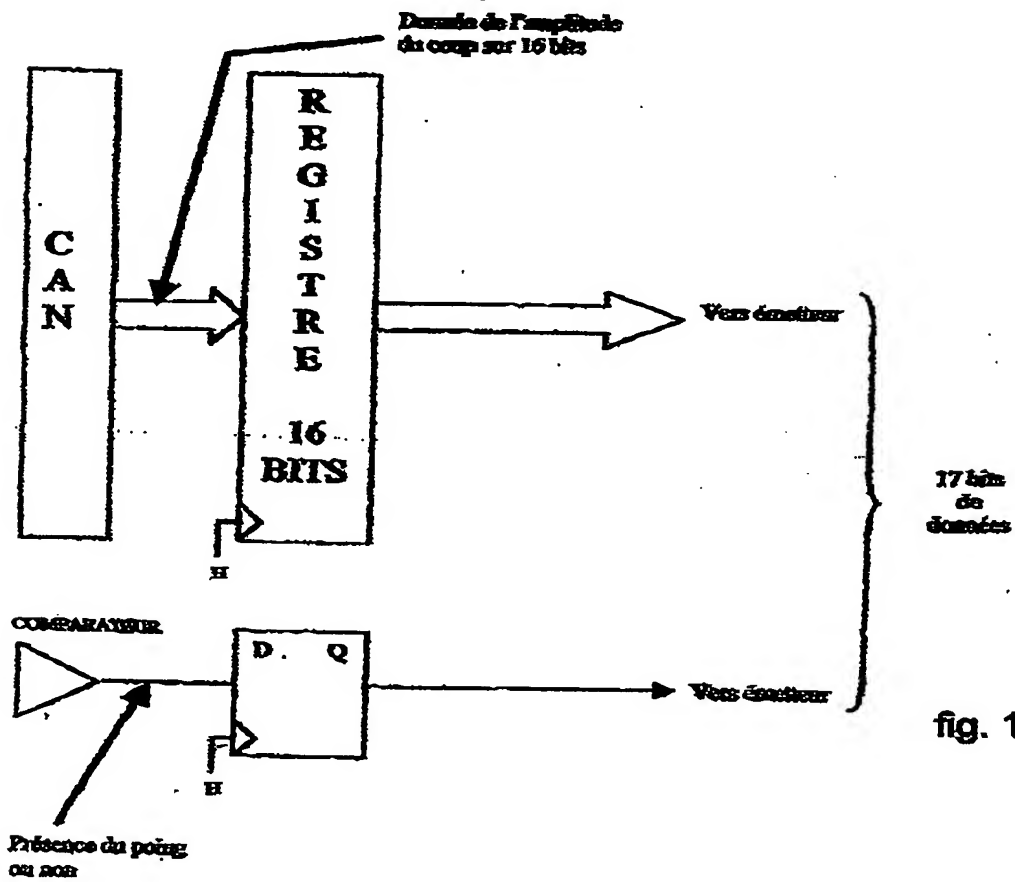
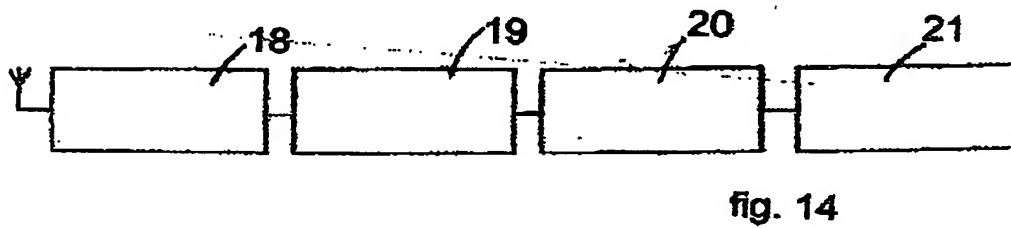
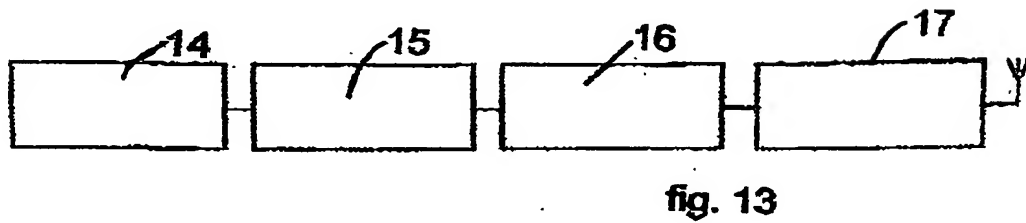
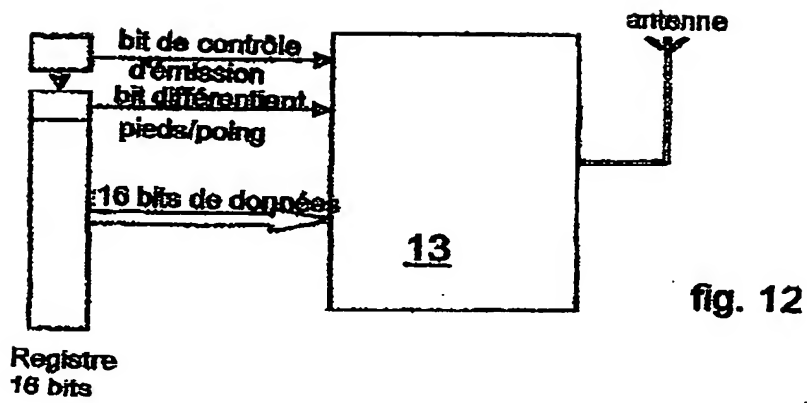


fig. 11



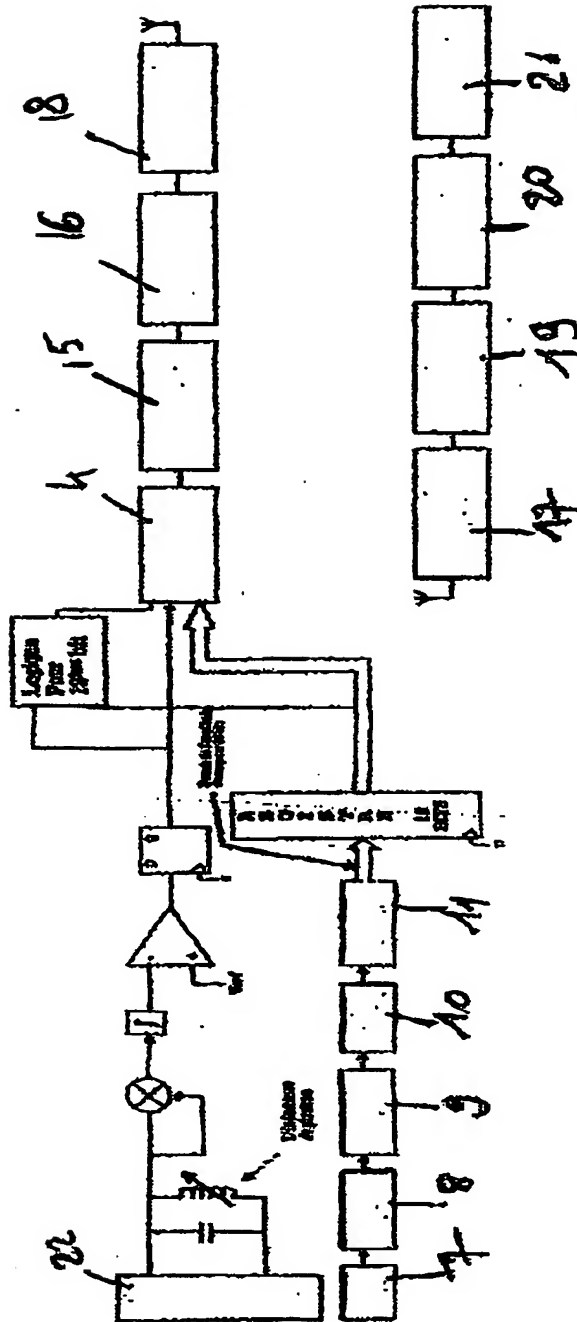


Fig. 15

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**